Beiträge zur Kenntnis der Gattung Mesembrianthemum.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Fritz Wilke
aus **Hagen** in Westfalen.

Mit 1 Tafel.

Halle (Saale)
Buchdruckerei Hohmann
1913

Referent: Prof. Dr. G. Karsten.

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Februar 1913.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsübersicht.

A. Einleitung 7
B. Morphologie und Anatomie von Mesembrianthemum pseudotruncatellum
1. Stellung von M. pseudotruncatellum innerhalb der Gattung Mesembrianthemum 10
2. Makroskopischer Befund 13
3. Mikroskopischer Befund 16
a) Epidermis 16
b) Spaltöffnungen 19
c) Hypoderm 20
d) Mesophyll 20
α) Assimilationsgewebe 20
β) Wasserspeicherndes Gewebe 21
e) Gefäßbündel 22
f) Vegetationspunkt 22
C. Die Mesembrianthemum-Blüte
1. Allgemeines 23
2. Kelch 23
3. Kron- und Staubblätter 26
4. Fruchtknoten 29
5. Blühvorgang 31
6. Bestäubung 35
D. Same und Keimung
1. Same 40
2. Keimung 42
E. Schlußbemerkungen 48

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544727_0126

A. Einleitung.

Die vorliegende Arbeit ist bestimmt, einen Beitrag zur Kenntnis der interessanten Pflanzengattung Mesembrianthemum zu liefern, die schon wiederholt Berücksichtigung gefunden hat. Besonders sind uns durch die Arbeiten von P. Falkenberg, M. Regnault, I. Dannemann, O. Oberstein, C. Hagen, I. Payer und H. Baillon die eigenartigen anatomischen Verhältnisse näher gebracht worden. Von diesen studierten die ersten drei, Falkenberg[1], Regnault[2], und Dannemann[3] hauptsächlich das anomale Dickenwachstum des Stammes, das darin von der Norm abweicht, daß rings um die Außenränder der Siebteile des primären Bündelringes ein extrafaszikularer Kambiumring auftritt, welcher dauernd tätig bleibt und, wie auf Querschnitten durch ältere Stengelteile zu sehen ist, nach innen abwechselnd kollaterale Gefäßbündel und Zwischengewebe, nach außen nur eine schwache, parenchymatöse Bastschicht bildet. Oberstein[4] beschrieb im Jahre 1910 nicht weniger als 71 Spezies ausführlicher hinsichtlich ihres Blattbaues. Die übrigen Autoren Hagen[5], Payer[6] und Baillon[7] behandeln

[1] P. Falkenberg. Ueber d. sek. Dickenwachstum d. Mes Bot. Zeit. 1876. p. 317.

[2] M. Regnault. Ann. sc. nat. Bot. 4. sér. XIV. Paris. 1860. p. 95.

[3] I. Fr. Dannemann. Beitr. z. Kenntn. der Anat. u. Entw. d. Mes Diss. Halle. 1883.

[4] O. Oberstein. Beitr. z. Kenntnis d Gattung. Mes. Diss. Breslau 1910.

[5] C. Hagen. Unters. über die Entw. u. Anat. d. Mes. Diss. Bonn 1873

[6] I. Payer. Traité d'organogénie d. l. fleur etc. 1857 p. 356.

[7] H. Baillon. Histoire des plantes. IX p. 46. Paris. 1867 ff.

ferner die Blütenentwicklung. Endlich seien hier noch die Untersuchungen von A. de Bary[1] über M. virens, die Bearbeitung der Aïzoaceen von F. Pax[2], A. Bergers[3] „Mesembrianthemen und Portulacaceen", sowie die Angaben von K. Goebel[4] erwähnt. Unberücksichtigt blieben bisher lediglich die Blühverhältnisse der gesamten Gattung, die Keimung, sowie eine eingehendere Schilderung der Anatomie der Vertreter der Subsektion Sphaeroidea. Es bot sich also für weitere Untersuchungen noch ein großes Feld. Besonders nahegelegt wurden mir solche durch den Umstand, daß die Mesembrianthemen sich im hiesigen botanischen Garten in stattlicher Anzahl in Kultur befanden.

Ich möchte zunächst ein Verzeichnis der untersuchten Spezies geben. Zur Beschreibung der anatomischen Verhältnisse in der Subsektion Sphaeroidea stand mir M. pseudotruncatellum Berger zur Verfügung. Hinsichtlich ihrer Blütenverhältnisse wurden benutzt: M. aurantiacum DC., M. aureum L., M. barbatum L., M. blandum Haw., M. Bolusii Hook., M. caninum Haw., M. cordifolium L., M. Ecklonis Salm, M. glaucinum Haw., M. hirsutum Haw., M. inclaudens Haw., M. imbricans Haw., M. imbricatum Haw., M. lineare Thunbg., M. Lehmanii Eckl. u. Zeyh., M. multiflorum Haw., M. linguiforme L., M. logum Haw., M. perfoliatum Mill., M. pustulatum Haw., M. rubricaule Haw., M. roseum Willd., M. scandens?, M. scapigerum Haw., M. spectabile Haw., M. splendens L., M. tigrinum Haw., M. tricolor Jacqu., M. pseudotruncatellum Berger, M. umbelliflorum J., M. subincanum Haw., M. laeves Thunberg.

Die Keimung wurde beobachtet bei M. pomeridianum L., M. cristallinum L., M. nodiflorum L., M. tricolor Jacqu., M. lacerum Haw., M. edule L., M. linguiforme L., var. longum, M.

[1] A. de Bary. Vergl. Anatomie, p. 607, Leipzig 1866.

[2] F. Pax. Aïzoaceen i. Engler-Prantl. Nat. Pflanzenfamilien III. 1 b. (1889) p. 33.

[3] A. Berger. Mesembrianthemen und Portulacuceen. Stuttgart 1908.

[4] K. Goebel. Pflanzenbiolog. Schilderungen. I. p. 45—54.

pustulatum Haw., M. cultratum Salm., M. tigrinum Haw., M. tigrinum Haw., var. superbum, M. Bolusii Hook., M. pseudotruncatellum Berger.

Die Zahl der bei den Blüten- und Keimungsverhältnissen behandelten Spezies berechtigt wohl zu der Ansicht, daß man auf Grund der gewonnenen Ergebnisse einen genügenden Einblick in die betreffenden Eigenschaften der ganzen Gattung erlangen kann, zumal die Spezies den verschiedensten Sektionen angehören. Beim Berichte über die Resultate meiner Arbeit will ich in der Weise verfahren, daß ich zunächst auf die Anatomie einer einzelnen Spezies der Subsektion Sphaeroidea, nämlich M. pseudotruncatellum, sodann auf die Blüten- und Keimungsverhältnisse der Mesembrianthemen im allgemeinen eingehe.

B. Morphologie und Anatomie von M. pseudotruncatellum.

1. Die Stellung von M. pseudotruncatellum innerhalb der Gattung Mesembrianthemum.

Was die Gattung Mesembrianthemum von jeher interessant gemacht hat, ist ihre außerordentlich hohe Anpassungsfähigkeit an das sonnige, trockene und heiße Klima ihrer Heimat, die wir ausgeprägt finden in der Ausbildung eigenartiger, bizarrer Formen, wodurch sie selbst andere Sukkulenten wie Cacteen und Euphorbien in den Schatten stellt. Während diese durch Reduktion der Blätter und fleischige Ausbildung ihrer Achsen sich die Möglichkeit verschaffen, die Trockenheit des Bodens leicht längere Zeit unbeschadet auszuhalten, so finden wir bei den Mesembrianthemen diese Frage auf eine andere Weise gelöst. Hier wird der nötige Wasservorrat in den Blättern gespeichert, die durchweg saftig, fleischig und zum Zwecke möglichst geringer Transpiration derart gebaut sind, daß sie eine geringe Oberfläche aufweisen, während die Achse meist nur schwach ausgebildet erscheint. Der Achsensukkulenz der Cacteen stellen die Mesembrianthemen also ihre Blattsukkulenz gegenüber. Bei ihnen findet man alle Uebergänge vom einfachen, flachspreitigen bis zum hochdifferenzierten, wasserspeichernden Blatte vor. Beginnen wir mit Formen wie M. pomeridianum. Hier ist kaum eine Ausbildung eines Wassergewebes vorhanden. Achse wie Blätter assimilieren,

ohne besonders geschützt zu sein, abgesehen davon, daß kleine, zerstreut stehende weiße Haare die Pflanze vor allzu starker Insolation schützen. Dagegen erweist sich das bekante Eiskraut (M. cristallinum), schon auf höherer Stufe stehend. Die Aufspeicherung des während der Regenperiode aufgenommenen Wassers geschieht in den großen, papillösen, Oberhautzellen. Aehnliche peripherische Wasserreservoire besitzen M. echinatum, M. Ecklonis, M. crassulinum. Eine stärkere Ausbildung in der Peripherie der Blätter finden wir in der Gattung nicht, vielmehr wird der Wasserspeicher bei den meisten mehrjährigen Spezies von einem zentralen, voluminösen Wassergewebe repräsentiert. War bisher die Achse an der Speicherung in mehr oder weniger hohem Grade beteiligt, so spielt sie bei den Akaulen keine Rolle mehr. Sie ist hier vollkommen reduziert. Die Blätter besorgen allein Assimilation und Wasserspeicherung. Unter den Akaulen wiederum fallen die Sphaeroideae besonders durch ihre eigenartigen, kreiselähnlichen Formen auf. In diesen haben wir denn auch die am weitesten methamorphosierten Mesembrianthemen zu suchen.

Die Mesembrianthemen sind gegen das Ende des XVIII. und Anfang des XIX. Jahrhunderts aus Südafrika in Europa eingeführt worden. Berger[1] zählt in seinem Buche 17 Spezies als zur Subsektion Sphaeroidea gehörend auf. Jedoch muß erwähnt werden, daß von diesen nur noch wenige in Kultur sind, so besonders die Formen M. Wettsteinii Berger, M. truncatellum Haw., M. calculus Berger, M. abconellum Haw. und M. pseudotruncatellum Berger. Von den übrigen hat man seit dem Anfange des XIX. Jahrhunderts nichts wieder gesehen, so daß man hier auf Beschreibungen angewiesen ist

Alle diese Formen besitzen nun durchweg gegenständige, fleischige, äußerst saftige Blätter, die sich mehr oder weniger deutlich als verwachsen erweisen. Schon M. bilobum Marloth, zur Subsektion Cordiformia gehörig, zeigt die Blätter

[1] A. Berger, l. c. p. 280—283.

auf der ursprünglich als Oberseite anzusehenden Partie etwa bis zu $^3/_4$ der ganzen Länge verwachsen (vgl. Fig. 1 d. Tafel). Aehnliche Verhältnisse in noch vollkommenerem Maße finden wir nun auch bei allen Sphaeroideae. Die Blätter sind hier derart verwachsen, daß man nur noch an einer Furche, die die Verwachsungslinie andeutet, die ursprünglichen Blätter erkennen kann. Diese Furche ist bei M. Wettsteinii, M. calculus und M. obconellum Haw., welches K. Goebel[1] kurz beschrieb, von nur mäßiger Länge, die Verwachsung hier also vollkommener als bei M. truncatellum Haw. und M. pseudotruncatellum Berger, wo sich der Spalt über die ganze Oberfläche bis zu den Rändern hinzieht. Die ganze Pflanze besteht somit äußerlich aus einem oder mehreren fleischigen Körperchen[2] „Corpuscula“ genannt, die je aus einem verwachsenen Blattpaare zusammengesetzt sind. Beim Wachsen entwickelt der tief zwischen den Blättern im Innern verborgen liegende Vegetationspunkt abermals zwei Blätter, deren Spalt senkrecht zu dem der älteren Blätter orientiert ist. Haben die jungen Blätter eine bestimmte Größe erlangt, so wird das alte Blattpaar gesprengt, und die jungen Blätter treten zu Tage, noch eine Zeitlang von den vertrockneten älteren umhüllt, wie es das M. calculus-Exemplar (Fig. 2 und Fig. 3 der Tafel) zeigt. Dieses bestand zunächst aus nur einem Körperchen mit einem Blattpaare. In den Achseln der Blätter entstanden dann Sprosse, die die jungen Körperchen darstellen. Hier sehen wir auch eine seitliche Knospe hervorkommen, die ihrerseits ebenfalls ein Körperchen bildet, sodaß nunmehr ie Pflanze aus drei Körperchen besteht. Auf ähnliche Weise entstehen Formen wie sie Fig. 4 und 5 der Tafel von M. pseudotruncatellum darstellt. Doch treten bei dieser Spezies, soweit ich dieses an vorhandenen Exemplaren kontrollieren konnte, Seitenknospenbildungen nicht auf.

[1] K. Goebel l. c. p. 49 Fig. 20.

[2] Salm-Reifferscheid-Dyck, Monogr. gen. Aloes et Mes., Bonn 1836—63, spricht von „corpuscula cavernosa“ bei M. obcordellum zum ersten Male.

Alle erwähnten Arten besitzen eine geringe Höhe. Ihre abgeflachten Blattoberseiten sind vielfach gefärbt, wodurch sie vom Boden kaum zu unterscheiden sind. Diese Mimikry steht wohl in der Pflanzenwelt einzig da, beschränkt sich jedoch nicht auf die Subsektion Sphaeroidea. Bei den Vertretern der Semiovatae z. B. finden wir ebensolche Schutzfärbungen. So ähnelt ein älteres M. Bolusii sowohl durch die kuriose Form als auch besonders durch die Färbung den umherliegenden Gesteinsbrocken. Weitere Angaben hierüber enthält Marloth[1] „Das Kapland". Erwähnt sei noch, daß in ihrer Heimat die Pflanzen mit den Blättern derart in der sandigen Erde stecken, daß nur die gefärbte Oberseite Licht empfängt, während die Seitenwände vollständig von Erde umgeben sind.

Haben uns diese Angaben einen Begriff von der weitgehenden Anpassung der Sektion an das Klima gegeben, so werden wir bei der jetzt eingehender zu besprechenden Morphologie und Anatomie von M. pseudotruncatellum noch mehr in die Details eingeführt, die alle die Bedeutung haben, der Pflanze ein gutes Gedeihen im heißen Sande zu sichern.

2. Makroskopischer Befund.

Das benutzte Exemplar (Fig. 4 und 5 der Tafel) war eine zweijährige, kräftige Pflanze. Sie bestand aus zwei Körperchen. Die Höhe des einen Körperchens betrug 2,7 cm, die des anderen, das im letzten Jahre zum ersten Male geblüht hatte, 2,5 cm. Das Gewicht der ganzen Pflanze war 5,5 g. Die Länge und Breite der Blätter war am größeren Korpuskel bei dem einen Blatte 1,8 cm und 1,6 cm, am andern 2,5 und 1,9 cm. Am kleineren waren die Blätter 1,6 resp. 1,5 cm lang, dazu 2,0 resp. 1,8 cm breit. Die Spaltenlänge betrug

[1] R. Marloth, d. Kapland i. C. Chun. Wissenschaftl. Ergb. d. dtsch. Tiefsee-Expedition II. 3 (1908) p. 222.

am ersten Körperchen 1,7 am anderen 1,65 cm. Daraus ergibt sich, daß die Blätter, die ein Korpuskel zusammensetzen, an Größe verschieden sind. Ungefähr waren die beiden kleinen Blätter beider Körperchen gleich (siehe Fig. 4 der Tafel). Sie stehen jedoch nicht nebeneinander, sondern sind stets übers Kreuz gestellt. Auch an andern Exemplaren fand ich ähnliche Verhältnisse. Uebrigens sei gleich hier nebenbei bemerkt, daß die Blätter in einem Blattpaare bei fast allen Mesembrianthemen ungleiche Größe zeigen. Dies ist stets bei jungen Pflanzen deutlich der Fall. So weisen junge Keimpflanzen von M. Bolusii diese Größenunterschiede auf, die sich hier aber im Alter völlig verwischen. Die Wurzeln des untersuchten Exemplares waren im Verhältnis zu den Dimensionen der Körperchen klein. Sie besaßen eine Länge bis zu 4 cm. Auch in dieser Beziehung verhalten sich die einzelnen Sphaeroideae ähnlich. Offenbar genügt die kurze Wurzel, um in der Regenperiode genügend Wasser und Nahrungsstoffe aufzusaugen. Ja, die kurzen Wurzeln sind sogar zweckmäßiger als lange, da sie die nur bis zu geringer Tiefe eindringende Feuchtigkeit besser erreichen. Als Befestigungsorgan der Pflanze hat die Wurzel ebenfalls nur geringe Bedeutung. Die kleinen, niedrigen Körperchen sind fast vollkommen im Sande eingesenkt und sind somit, kaum vom Winde belästigt, an ihrem Standorte genügend befestigt. Schließlich sei noch erwähnt, daß die Wurzeln aller daraufhin untersuchten Exemplare bei geringer Dicke auch fast gänzlich trocken waren, ein Beweis dafür, daß sie ihre Funktion während der Trockenperiode, in welcher sie untersucht wurden, eingestellt hatten.

Die glatte, matte, abgeflachte Oberseite der Blätter ist bei den einzelnen Exemplaren derselben Spezies hinsichtlich der Färbung verschieden. An der abgebildeten Pflanze fand sich ein grauer Grundton mit einer bläulichen Nuance, nach dem Spalte und den Seiten hin heller werdend mit einem Anfluge von Rot. Ueber den Grundton ziehen sich unregelmäßige, verworrene, braungefärbte Linien. Dazwischen sind kleinere, dunkel graublaue Punkte eingelagert. An der Seite der

Blätter geht der graue Farbton in einen gelblichen und im unteren Drittel in einen grünen über. Zwischen beiden Körperchen ist die Farbe der Blattseiten fast hellgrün. Hier erscheinen auch einzelne Falten, während im übrigen der Körper prall und faltenlos ist. Die Körperchen sind tief unten an der Basis mit einander verwachsen. Ihre Oberseiten sind etwa 5 mm von einander entfernt. Dicht über dem Wurzelansatz waren noch Reste der vorjährigen Blätter als trockene Schuppen vorhanden.

Fig. 1.
Längsschnitt durch ein Korpuskel. Das junge, eingeschlossene Korpuskel nicht halbiert (die schraffierten Partien sind chlorophyllhaltig).

Auf einem Längsschnitte senkrecht zum Spalte sehen wir die durch Fig. 1 dargestellten Verhältnisse. Außen umgibt das ganze Gebilde die Epidermis. Dieser liegt auf den Seitenflächen das frischgrüne Chlorophyllgewebe an wie ein Zylinder, während ein solches unter der Oberflächenepidermis gänzlich fehlt. Nur am Spaltenrande ist noch eine kleine Region chlorophyllhaltig. Im Zentrum der Blätter liegt das klare, großzellige Wassergewebe. Die Verwachsungslinie der Blätter vom Spalt nach unten ist als solche deutlich erkennbar. An ihr finden wir ein vom Speichergewebe schon äußerlich abweichendes Gewebe. Hält man nun das durchgeschnittene Korpuskel mit der Oberfläche gegen das Licht, so bemerkt man, daß diese letztere durchscheinend ist. Die oben als braun bezeichneten Linien erscheinen nunmehr hellrot. Durch die Seitenwand fällt überhaupt kein Licht. Es

liegt hier zweifellos ein interessanter Fall von Schutz gegen übermäßige Erwärmung durch Insolation vor. Die auf die Oberfläche des Körperchens fallenden Lichtstrahlen gelangen erst, nachdem ihre Intensität durch die Epidermis und das Wassergewebe erheblich gedämpft ist, zum assimilierenden Teile. Das junge, etwa 12 mm hohe, noch völlig von dem älteren Blattpaare umhüllte Körperchen weist analoge Verhältnisse auf. Mit welch hohem Drucke das junge Körperchen seine Hülle zu zersprengen sucht, zeigt sich, wenn man die äußeren Blätter längs der Verwachsungszone bis auf eine kleine Strecke an der Basis trennt. Das kleine Korpuskel schwillt außerordentlich stark an und paßt dann beim Versuche, es in seine ursprüngliche Lage durch Zusammenpressen der älteren Blätter zurückzubringen, nicht mehr in die Höhlung, in der es vorher verborgen war, hinein.

3. Mikroskopischer Befund.

a) Epidermis.

Die Oberhaut ist stets einschichtig. Größe sowie Gestalt der Zellen sind an den verschiedenen Partien der Pflanze variabel. Messungen ergaben folgende Durchschnittszahlen:

Epidermiszellen	Länge	Breite	Höhe
der assimilierenden Zone	50 μ	29 μ	17 μ
der grauen Oberflächenzone	40 μ	34 μ	30 μ

Hieraus ergibt sich, daß die Oberhautzellen in der grünen Zone im allgemeinen lang gestreckt sind und zwar im Sinne der Längsachse des Blattes. Die Zellen der Oberseite sind mehr rundlich. Die Seitenmembranen der Epidermiszellen sind durchweg eben und wie die Innenwände zartwandig. Dagegen erweisen sich die Außenseiten der Zellen der assimilierenden Zone durchaus verschieden von denen der Oberfläche. Während bei den ersteren dieselben kaum nach außen gewölbt, relativ dünnwandig und klar sind, zeigen die Zellen der Oberfläche ein anderes Aussehen. Unter dem Mikroskope erkennt man auf einem Flächenschnitte in jeder Zelle die

Außenmembran stark mit außerordentlich kleinen Körnchen imprägniert, sodaß sie dunkel und undurchsichtig erscheint. In der Mitte jeder Zelle hingegen ist ein heller Fleck (Fig. 2).

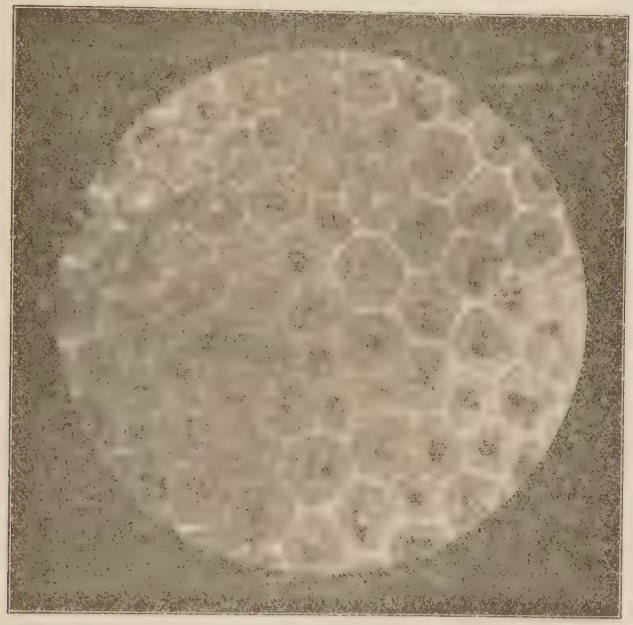


Fig. 2.
Oberflächenepidermis. Die schwarzen Stellen in den Zellen sind Gerbstoffkügelchen, links oben in mehreren Zellen der helle zentrale Buckel. Vergr. 250 fach.

Deutlicher wird das Bild auf einem Querschnitt durch die Epidermis. Die Außenmembran ist hier etwa 3 bis 4 mal so dick wie die Innenseite. In der Mitte erhebt sich auf jeder Zelle nach außen hin ein Buckel. Die gesamte Außenseite ist ferner fein gekörnelt, ebenso die oberen Partien der Seitenwände. Letzterer Umstand erklärt uns nun auch, weshalb auf dem Flächenschnitt der Buckel heller erscheint als die übrige Membran. Denn auf letzterem verdunkeln die gekörnelten Seitenwände die Außenmembran an den Rändern mit, während

der auch weniger, stark imprägnierte Buckel für sich alleine für Licht natürlich durchlässiger ist. Bei der Feststellung der Natur der eingelagerten Körnchen stellte sich dieselbe durch Reaktion — Unlöslichkeit in Essigsäure, Löslichkeit in Salzsäure — als oxalsaurer Kalk heraus. In welcher Form sich letzterer in der Membran vorfindet, konnte ich nicht feststellen, da die einzelnen Partikelchen von sehr kleinen Dimensionen sind. Charakteristisch ist das Vorkommen einer derartigen Inkrustierung mit Kaliumoxalat, die eben auch die graue Färbung der Oberfläche und der Randpartien des Korpuskels bedingt, für M. pseudotruncatellum nicht. Wir finden bekanntlich eine ganze Reihe von Mesembrianthemen, die mit einem „glaucedo", d. h. mit einem bläulich-grauen Farbton behaftet sind, der abgesehen von dem abwischbaren Wachsüberzuge durch eine Inkrustierung bedingt ist. Beispiele hierfür sind besonders M. perfoliatum, M. lacerum u. a. Graf zu Solms-Laubach[1] fand diese Erscheinung zuerst bei Pflanzen verschiedener Familien. Interessant ist weiter auch das Zustandekommen der braunen Streifen auf der Oberfläche. Auf einem Querschnitte durch einen solchen erblickt man, abgesehen von den weiter unten zu besprechenden anthocyanhaltigen Zellen unter der Epidermis, in den Oberhautzellen und zwar im Lumen einige, stark lichtbrechende, braune Kügelchen. Ihre Anzahl in den einzelnen Zellen ist verschieden. Diese Gebilde lagen in der intakten Zelle teilweise der Innenmembran an, zum Teil befanden sie sich an den Seitenwänden. Daß sie im Protoplasma der betreffenden Zelle, nicht in der Membran gelagert waren, zeigte die Plasmolyse deutlich, bei welcher sie zu einem Haufen zusammengezogen im Protoplasma lagen (Fig. 2). Bei der mikrochemischen Untersuchung ergaben sie mit Eisenchlorid und Kaliumbichromat unzweideutige Gerbstoffreaktion.

---

[1] Graf zu Solms-Laubach: Ueber einige geformte Vorkommnisse oxals. Kalks in leb. Zellmembranen, Bot. Zeitg. XXIX 1871, p. 543.

b. Spaltöffnungen.

Der verschiedenen Ausbildung der Oberhautzellen entspricht eine solche der Stomata. In der grünen Zone sind sie kaum, in der imprägnierten hingegen deutlich eingesenkt. Die Querschnittsfläche der Oeffnungen hat durchweg ellipsoidische Gestalt. Ihr Lumen erscheint ebenfalls in Form einer Ellipse. Die Wand der wurstförmigen Schließzellen ist wie die der benachbarten Normalepidermiszellen verdickt. Nebenzellen finden sich an allen Spaltöffnungen. Sie unterscheiden sich von den anderen Oberhautzellen lediglich durch die kleineren Dimensionen. Ihre Membranen sind eben und auf der Außenseite auch imprägniert. Zumeist hat jede Spaltöffnung zwei Nebenzellen, die die Stomata völlig umgrenzen, also dem Spalte parallel sind. Seltener fanden sich mehr als zwei und zwar dann meist drei Nebenzellen. Für gewöhnlich lagen in diesem Falle zwei von ihnen an den Längsseiten, die dritte am Pole des Schließzellenapparates. Die Atemhöhlen sind nicht groß und reichen nur wenig ins Grundgewebe hinein. Hinsichtlich der Verteilung der Spaltöffnungen über das Korpuskel wurde gefunden, daß in der grünen Zone bedeutend mehr vorhanden sind, als in der imprägnierten. Im Durchschnitt kommen in der ersten doppelt soviele Oeffnungen vor wie in der zweiten. Während sie dort ziemlich regelmäßig verteilt sind und auf etwa 23 Epidermiszellen eine Spaltöffnung kommt, gewahrt man in der Oberflächenzone oft große Stellen, die mit Oeffnungen überhaupt nicht versehen sind. Diese geschilderte Verteilung der Stomata hat für die Pflanze sicherlich große ökologische Bedeutung. Durch mäßige Ausbildung der Spaltöffnungen an den der Insolation und damit der Transpiration direkt ausgesetzten Partien wird einer starken Verdunstung vorgebeugt. Andererseits sind die unteren Basalpartien also die grüne Zone mit ihren zahlreichen Spalten gegen die Hitze etc. dadurch geschützt, daß sie vom Sande umgeben sind.

c. Hypoderm.

Unmittelbar unter der Epidermis tritt stets eine meist 3 bis 4 Zellschichten starke Lage dünnwandiger Elemente auf. Vom Mesophyll zeichnen sie sich einmal durch ihre Form, die etwa derjenigen der Epidermiszellen an Höhe, Breite und Länge gleich kommt, sowie durch das Fehlen von Chlorophyll aus. In allen diesen Zellen fand ich noch lebenden Inhalt, Zellkern und Protoplasma. Nur an denjenigen Stellen wurde die Schicht unterbrochen, wo die Spaltöffnungen sich befanden. Hier trat das assimilierende Gewebe unmittelbar an Schließ- und Nebenzellen heran. Die Lage der einzelnen Gewebselemente ist durchaus regellos. Unter sich und ebenso mit den Zellen der Oberhaut und des Grundgewebes alternieren sie. Ihre radialen Zellwände stehen nie in einer Reihe, ebenso beobachtete ich nie eine durchlaufende radiale Querwand bei einer Epidermiszelle und einer darunter liegenden Hypodermzelle. Nichts läßt demnach auf eine Entstehung der letzteren aus den Epidermiszellen schließen. Da auch am jungen Körperchen die Bildung der in Frage kommenden Zellen bereits vollendet war, konnte ich die Herkunft des Gewebes entwicklungsgeschichtlich nicht bestimmen. Seine Bedeutung für die Pflanze ist wohl als Wasserspeicher zu suchen. Schon oben wurde darauf hingewiesen, daß am Zustandekommen der Streifen das Hypoderm beteiligt ist. Unter den mit den kleinen Gerbstoffkügelchen angefüllten Epidermiszellen sind die Hypodermzellen stark mit Anthocyan gefüllt, und zwar findet sich der Farbstoff dann in der ganzen Hypodermschicht. An Stellen, wo die gerbstoffhaltigen Kügelchen in den Epidermiszellen fehlen, ist auch der Inhalt der Hypodermzellen farblos.

d) Mesophyll.

Das Grundgewebe des Blattes läßt seiner Funktion und Struktur nach zwei verschiedenartige Gewebe unterscheiden, das Assimilations- und das Wassergewebe.

α) Assimilationsgewebe.

Dieses liegt unmittelbar unter dem Hypoderm der Seitenflächen und ist an der breitesten Stelle im Querschnitt etwa

5 mm dick. Seine Zellen sind polymorph, meist rundlich und von verschiedener Größe. Allgemein nimmt der Chlorophyllgehalt von außen gegen die Mitte hin bei allmählicher Zunahme des Volumens der Zelle ab. Scharf abgegrenzt ist das Assimilationsgewebe gegen das Wassergewebe also nicht. Auf einem Querschnitte durch das erstere fallen große, zartwandige Idioblasten auf, deren Länge meist mit der Dicke des Chlorophyllmantels übereinstimmt, und die so gelagert sind, daß das obere Ende dem Hypoderm anliegt, während das entgegengesetzte an das Wassergewebe stößt. Als Inhalt dieser Zellen fand sich hauptsächlich Wasser. Weiter sind im assimilierenden Gewebe zerstreut raphidenführende Zellen. Solche sind besonders zahlreich an der Basis des Körperchens. Zumeist sind die Raphiden klein, und die Zellen selbst nur wenig größer als die Chlorophyllzellen. Abgesehen von dem Assimilationskegel der Seiten findet sich noch Blattgrün an der Spalte in größeren Mengen.

β) Wassergewebe.

Unter dem Assimilationsgewebe sowie der Epidermis der Oberseite liegt das wasserspeichernde Gewebe, das den größten Teil des Körperchens ausmacht. Es besteht aus verschiedengroßen, zartwandigen Zellen, zwischen denen relativ kleine Interzellularen vorhanden sind. Außer Protoplasma und Zellkern enthalten diese Zellen reichlich Wasser und Schleim; Chloroplasten kommen nur in den äußersten Zellen vor. Die Form der Zellen ist lang gestreckt im Sinne der Längsachse, und zwar beträgt die Länge das Doppelte der Breite. Auch in diesem Gewebe treten Idioblasten überall auf, die an Größe diejenigen des Assimilationsgewebes bedeutend übertreffen. Diejenigen, die an die Epidermis der Oberfläche stoßen, erweisen sich mit Gerbstoff erfüllt, während die inneren keinerlei Reaktion geben, demnach als wasserhaltig anzusehen sind. Raphidenzellen finden sich nur vereinzelt in den oberen Partien. Eine regelmäßige Anordnung der Wasserzellen ist nur an der Oberfläche zu erkennen, im übrigen sind sie unregelmäßig, dicht nebeneinander gelagert. Das Gewebe an der Verwachsungs-

linie der Blätter unterscheidet sich vom Wassermesophyll dadurch, daß seine Elemente einmal kleinzelliger, dann auch zusammengedrückt erscheinen und nur wenig Wasser enthalten. In Bezug auf den Chlorophyllgehalt verhält es sich wie das Wassergewebe

e) Gefäßbündel.

Ueber den Verlauf und die Verteilung der Gefäßbündel ist nicht viel zu sagen. Die von der Wurzel aufsteigenden Bündel beginnen schon dicht über dem Wurzelansatz sich zu verzweigen. Ein Teil und zwar der stärkere durchzieht das Wassergewebe der ganzen Länge nach, um im oberen Mesophyll zu anastomosieren. Der andere strebt schon an der Basis nach der Peripherie, um hier zwischen Wasser- und Chlorophyllgewebe eine Zone zu bilden, die der Dannemannschen[1] „sekundären Gefäßbündelzone“ bei anderen Mesembrianthemumspezies entspricht. Unter der Oberfläche des Körperchens sind kaum Gefäßbündel anzutreffen. Die Bündel bestehen in ihrer Hauptmasse aus fünf oder mehr Tracheïden, die von einem langzelligen, zartwandigen Begleitgewebe umgeben sind. Der Siebteil ist nur wenig ausgebildet und kann häufig sogar fehlen.

f. Vegetationspunkt.

Der Vegetationspunkt liegt tief eingebettet zwischen den Blättern des jungen Körperchens. Er besteht aus außerordentlich zarten Zellen und läßt ein Dermatogen, Periblem und Plerom nicht deutlich erkennen. Zu beiden Seiten des Vegetationskegels sitzen die gegenständigen Blätter, die normalerweise in zwei Jahren ans Licht getreten sein würden. Aehnlich wie es Göbel[2] am Vegetationspunkte von M. obconellum zeigt, werden auch hier die anfangs noch nicht verwachsenen Blätter erst später, nachdem sie schon eine ziemliche Größe erlangt haben, durch Vermittlung des Gewebes zwischen den Blattseiten vereinigt.

---

[1] J. F. Dannemann, l. c. p. 9.

[2] K. Goebel, Pflanzenbiol. Schilderungen I, p. 49, Fig. 21 B und p. 51.

C. Die Mesembrianthemum-Blüte.

1. Allgemeines.

Bezüglich der Blütenanatomie der Mesembrianthemen sind die Arbeiten von Payer[1], Baillon[2] und Hagen[3] zu nennen. Alle diese Angaben beziehen sich nur auf wenige Spezies. So bringt Payer lediglich Untersuchungen über die Entwicklung der Kron- und Staubblätter von M. violaceum, M. edule und M. cordifolium. Hagen's Ausführungen beziehen sich nur auf die Blüten von 8 Spezies. Es wird also meine Aufgabe darin bestehen, im Zusammenhange die Anatomie der Blüten, den Blühvorgang und die Bestäubung zur Darstellung zu bringen.

2. Kelch.

Der grüne Kelch umgibt die inneren Blütenteile. Er ist fünfzipflig, seltener tetramer (M. cordifolium) oder sechs- und mehrzipflig. Die Kelchblattstellung ist der Laubblattstellung entsprechend dekussiert. Selten sind alle Zipfel gleich gestaltet wie bei M. multiflorum, zumeist besitzen die beiden äußeren eine den Laubblättern ähnliche Gestalt (Fig. 3, M. echinatum), nur sind sie kleiner als diese. Die inneren Zipfel sind von den äußeren wesentlich verschieden. Bei M. cordifolium, dessen äußere Kelchblätter von den Laubblättern nur durch das Fehlen des Blattstieles verschieden sind, sind die inneren walzenförmig, oben in eine Spitze auslaufend. Aehnlich sind sie bei den meisten anderen Spezies. Niemals erreichen sie

---

[1] J. Payer l. c. p. 356.
[2] H. Baillon l. c. p. 46.
[3] C. Hagen l. c. p. 14.

die Größe der äußeren. Charakteristisch für alle inneren Kelchblätter ist das Vorhandensein eines dünnen, pergamentartigen Saumrandes (Fig. 3). In der Jugend, solange der

a Fig. 3. b

Blüte von M. echinatum. a) von der Seite b) von oben, (Natürliche Größe.)

Knospenzustand währt, ist dieser Saum saftig. Er besteht aus langgestreckten, chlorophyllfreien Zellen und schließt kapuzenförmig die inneren Blütenteile ein. Meist bedecken zwei innere Kelchblätter mit ihrem Saume die inneren Partien doppelt, sodaß die Hülle des einen noch von der des anderen Blattes überdacht wird. Der dritte Zipfel ist dann fast immer mit einem kleineren Saume versehen. Vom grünen Teile des Kelchblattes herkommend verästeln sich zahlreiche Nerven in dem Saume, wo sie blind endigen. Beim Aufbrechen der Knospe zerreißt der Saum, wird trocken und bräunt sich dabei stark. Einzelne gerbstoffhaltige Zellen verkorken. Bisweilen war beim Oeffnen sogar ein Kelchblatt am Grunde abgerissen und samt Hülle emporgezogen. Im einfachsten Falle, so bei M. cordifolium (Fig. 4 a) kann man die Stellung der Sepala als eine Fortsetzung der dekussierten Blätter auffassen. Bei anderen haben sich im weiteren Verlaufe der Blütenentwicklung die beiden inneren Sepala je in zwei geteilt und stehen derart, daß je zwei benachbarte einen Winkel von 60^0 bilden (Fig. 4 b). Die fünf Sepala schließlich, wie wir sie bei den meisten Mesembrianthemen vorfinden, kann man dadurch erklären, daß im inneren ursprünglich zweizähligem Kreise sich nur ein Blatt teilte, worauf sich die nunmehr fünf Sepala in der $^2/_5$ Stellung anordneten (c). Im Anschluß

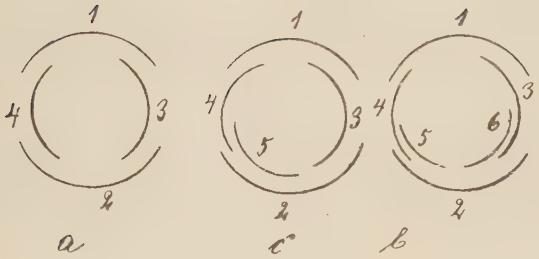


Fig. 4.
Kelchblattstellung-Schema:
a) M. cordifolium.
b) M. Lehmanni (4 in 4 und 5; 3 in 3 und 6 geteilt).
c) M. glaucinum (4 in 4 und 5 geteilt).

hieran möchte ich erwähnen, daß M. curviflorum an demselben Exemplar sowohl Blüten mit vier- als auch solche mit fünfzähligem Kelche besitzt. Im letzteren Falle ist ein inneres Kelchblatt nur als winziges Höckerchen zu erkennen.

Die Kelchblätter sind bei den Mesembrianthemen mit dem Fruchtknoten zu einem grünen Receptaculum verwachsen. Letzteres weist bei vielen Spezies, besonders bei den Akaulen, eine deutliche Pockenbildung auf, die durch subepidermale, gerbstoffhaltige Idioblasten hervorgerufen wird. Auf einem Querschnitte, der durch die untere Partie des Receptaculums gelegt ist, zeigen sich zunächst die kleinen, drei- bis viermal so lang als breiten Epidermiszellen, deren Außenmembran ziemlich stark vorgestülpt ist. Zwischen den Epidermiszellen zerstreut finden sich viele nicht eingesenkte Stomata. Unmittelbar an die Epidermis schließt sich nach innen das assimilierende Gewebe an, das von zahlreichen Idioblasten unterbrochen wird. Im Zentrum liegt dann das farblose Wassergewebe.

Das Verhalten der Kelchblätter im weiteren Verlaufe der Blütenentwicklung ist bei den einzelnen Spezies verschieden. Bei M. spectabile waren die inneren schon vertrocknet, als sich die Blüte eben entfaltet hatte, die beiden äußeren blieben noch bis zur Fruchtreife fleischig am Receptaculum, um erst

dann allmählich zu vertrocknen. M. aureum hatte dagegen schon kurz nach dem Aufblühen den gesamten Kelch verloren, dessen Zipfel noch als trockene Blättchen persistierten oder aber gänzlich verschwunden waren.

M. cordifolium behält seine Kelchblätter noch sehr lange. Sie wachsen hier selbst nach dem Verblühen noch eine Zeitlang weiter, bis sie schließlich mit der Kapsel zugleich vertrocknen.

3. Kron- und Staubblätter.

Es ist eine verbreitete Erscheinung, daß Staubblätter petaloid werden. Auch hier finden wir diesen Fall vor. Hagen[1] und Payer[2] haben das Verdienst, zuerst darauf hingewiesen und den Funktionswechsel auf entwicklungsgeschichtlichem Wege bewiesen zu haben.

Da bisher jedoch von den Autoren nur wenige Spezies berücksichtigt worden sind, so bestand meine Aufgabe darin, auch andere Arten daraufhin zu untersuchen und die älteren Angaben auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Bei M. glaucinum zeigen sich schon zeitig am Vegetationspunkte kleine mit den Kelchblättern alternierende Protuberanzen, die Anlagen für Staub- und Kronblätter. Diese Hügel entstehen, wie Hagen schon angibt, von oben nach unten, sodaß die ältesten am Zentrum, die jüngeren tiefer stehen. Alle diese Anlagen sind gleich, man kann noch nicht erkennen, aus welchen fertile Staubblätter und aus welchen Staminodien hervorgehen. Erst im späteren Stadium der Entwicklung sieht man die äußeren Primordien sich in Petala, die inneren in Stamina verwandeln.

Für diese Entstehungsweise spricht auch der ganze Gefäßbündelverlauf (Fig. 5). Auf einem Querschnitte, der durch den oberen Blütenstiel gelegt ist, erkennt man bei M. glaucinum fünf größere (Fig. 5 Ib) und ebensoviele kleinere

[1] C. Hagen l. c. p. 16.
[2] J. Payer l. c. p. 365.

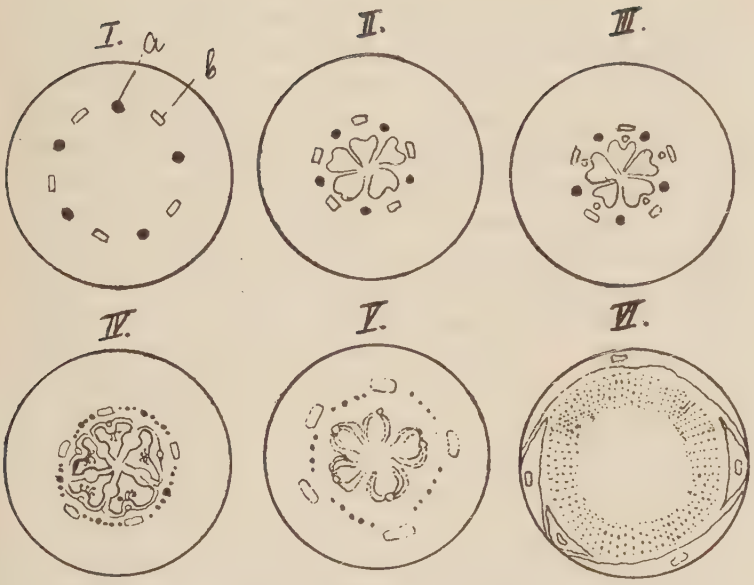


Fig. 5.
Gefäßbündelverlauf in der Blüte von M. glaucinum.
Aufeinander folgende Querschnitte.

Gefäßbündel (a) im Kreise angeordnet. Die fünf kleineren steigen zunächst unverändert in die Höhe und kommen dabei vor die Fächerwandungen des Fruchtknotens zu liegen (I—III). Die anderen fünf hingegen stehen vor den Plazenten (II), die sie auch, nachdem sie sich in zwei Stränge geteilt haben (III), weiter oben mit dem inneren Strange innervieren (IV u. V) und so für die Samenanlagen die Gefäßbündel liefern. Der äußere Strang von b geht dann später in die Kelchblätter (VI). Die kleineren Bündel (a) geben schließlich die Gefäßbündel für das Androeceum sowie für die zahlreichen petaloiden Staubblätter durch Teilung ab (VI). Ebenso ist der Gefäßbündelverlauf bei den anderen daraufhin untersuchten Spezies.

Die Staubgefäße besitzen durchweg introrse, dithekische Antheren, die meist länger als breit sind. Bei der Reifung der in großer Menge gebildeten Pollenkörner reißen die Theken

seitlich je in einer Längsspalte auf. Das Filament ist zumeist zart und fadenförmig gebaut. Die Zellen der Epidermis sind eigentümlich, höckerartig nach außen vorgestülpt, am Grunde mit kürzeren oder längeren, meist gerade abstehenden, oft gefärbten Haaren ringsum bedeckt. Meist sind die Staubblätter länger als die Griffel und ragen über dieselben hinaus. Oft, so bei M. splendens, liegen die Antheren der Narbe direkt an. Die reifen Pollenkörner befinden sich einzeln als trockener Staub frei in den Behältern. Die Farbe ist anfangs gelb, später weißlich. Die Exine weist niemals Buckelung an der Außenseite auf. Für das Hinaustreten der Pollenschläuche finden sich drei Poren. Es pflegt jedoch nur ein Schlauch aus einer der drei Oeffnungen des Pollenkornes hervorzuwachsen. Der Pollen von M. spectabile, M. blandum, M. inclaudens und M. lineare keimte in allen Zuckerlösungen von 4 bis 40%, sowie in reinem Wasser.

Die petaloid ausgebildeten Stamina sind entweder durch Uebergänge mit den fertilen Staubblättern verbunden, so bei M. fastigiatum und M. laevis, oder es fehlen solche gänzlich (M. spectabile). Bei den einzelnen Spezies sind sie verschieden in Größe und Farbe. Neben den kleinen, im Durchmesser 15 mm betragenden Blüten von M. multiflorum, treten 50 mm breite bei M. spectabile auf. Bei den strauchigen Formen scheint die rote und weiße, bei den Akaulen die gelbe Farbe vorzuherrschen. In ein und der nämlichen Blüte sind die Petala verschieden lang und breit. Bei M. inclaudens waren die größten 15 mm lang und 6 mm breit, die kleinsten hingegen nur 4 bis 6 mm lang und 1 bis 2 mm breit. Auch in der Gestalt und der Anzahl der Nerven ergeben sich Verschiedenheiten bei M. inclaudens. Manche Kronblätter haben drei oder zwei Gefäßbündel, die meisten allerdings nur eins. Die Epidermiszellen der Petala sind lang gestreckt, ihr Längendurchmesser übertrifft die Zellbreite und Höhe um das Vielfache. Die Zellen haben ebene, sich in scharfen Kanten schneidende Seitenwände. Die Außenmembran weist eine nur schwache Konvexität auf. Die Kutikula ist bei den meisten

Spezies nur mäßig verdickt, glatt und glänzend. Das Mesophyll besteht aus ebenfalls langgestreckten Parenchymzellen. Stomata sind nicht vorhanden. Die Nerven bestehen vorwiegend aus Spiral- und Ringgefäßen, von dünnwandigen Zellen als Scheiden umgeben; Anastomosen fehlen vollständig. Vielfach fanden sich in den Staminodien raphidenführende Zellen sowie solche mit farblosen Gerbstoffe gefüllt. Außerdem wurden bei den Akaulen die Kronblätter von langen Schläuchen durchzogen, die in einer schleimigen Grundmasse an dem einen, meist oberen Ende, ein kleines Raphidenbündel enthielten.

Die Farbe der Kronblätter verändert sich oft beim Entfalten der Blüten. So sind sie z. B. bei M. imbricans gelb gefärbt, solange sie noch zusammengerollt sind, ausgebreitet erscheinen sie weiß. Junge Blüten von M. tricolor sind hellrosa, ältere kräftig rot. Oft begegnet man auch einem Farbwechsel an der geöffneten Blüte. Bei M. roseum sind die Kronblätter anfangs dunkelrot gefärbt, später sind sie hellrot.

4. Fruchtknoten.

Die Form des unterständigen Fruchtknotens ist kugelig, an der Oberfläche rundlich, gefurcht. Durch äußere Furchen sind die einzelnen Karpelle abgehoben. Die Plazenten sind wandständig, fleischig, dick. An ihnen entstehen die Samenknospen. Eine besondere Art der Dislozierung der Plazenten entsteht bei den Mesembrianthemumarten infolge einer Verschiebung durch einseitiges Wachstum, wie dies Pax[1] schon geschildert hat. Ursprünglich zeigt der Fruchtknoten zahlreiche Eichen an dem inneren Winkel angeheftet. Aber diese Plazenten verschieben sich im Verlaufe des Wachstums auf die Basis der Fächer und von da hinauf auf die Außenwand derselben, sodaß die Plazenten dann auf dem Rücken der Karpelle zwischen den wahren Scheidewänden liegen. Bei den meisten

[1] Pax in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien III 1b, Fig. 14, 15.

Mesembrianthemen wachsen aus den Plazenten noch unechte Scheidewände heraus, sodaß der Fruchtknoten dann doppelfächerig erscheint. Die winzigen Samenanlagen besitzen zwei Integumente, von denen das innere bedeutend länger als das äußere ist. Mit der Plazenta ist die Samenanlage durch einen auffallend langen Funikulus verbunden. Im allgemeinen ist dieser geschlängelt, selten gerade. Er wird von einem Gefäßbündel durchzogen. Niemals fand ich im Funikulus raphidenführende Zellen vor. Bei eintretender Trockenreife zieht er sich zusammen, wodurch dann die Samenanlage von der Plazenta abgelöst wird. Die Frucht der Mesembrianthemen ist eine Kapselfrucht, an deren Bildung sich weder Sepala noch Petala beteiligen. Bei den Akaulen vertrocknen alle saftigen Partien des Fruchtknotens derart, daß die Samen, wenn sie reif sind, in den Fächern desselben noch vollständig eingeschlossen sind. Ein Heraustreten des Samens aus der immer nach oben gerichteten Kapsel ist also vorläufig unmöglich. Das Vertrocknen der Kapsel, das eingeleitet wird durch Verholzung der Kolumella und der noch zu besprechenden Quellleisten, findet außerordentlich schnell statt und greift auch auf den Fruchtstiel über. Die Kapsel bleibt geschlossen, bis Regen eintritt. Erst dann öffnen sich die Früchte. Die Samen liegen jetzt frei, die Zeit der Samenverbreitung ist gekommen. Ein auf die Kapsel fallender Regentropfen genügt, die Samen hinauszuschleudern. Nach den Angaben Goebels[1] sollen sich die Kapseln mit den Stielen ablösen und durch den Wind fortgerollt werden. An den hier kultivierten Pflanzen habe ich ähnliches nicht beobachtet. Die Kapseln verblieben vielmehr an den stark verholzten, aufrecht in die Höhe gerichteten Stielen lange sitzen und verstreuten auch so ihren Inhalt. Hiermit im Einklang steht die Tatsache, daß man die Mesembrianthemen stets in großer Anzahl beisammen findet[2].

Wir haben hier einen bei Wüstenpflanzen nicht seltenen

---

[1] K. Goebel l. c. p. 54.

[2] Marloth l. c. Tafel VIII. Vegetationsbilder von Karsten u. Schenk IX. Reihe, Heft 4 u. 5, Tafel 23 u. 24a.

Fall von Hygrochasie, der bei den Kapseln auf das Vorhandensein von quellbaren Leisten zurückzuführen ist. Diese sitzen zu zweien am Grunde der einzelnen Deckel und sind bei den meisten Spezies braun gefärbt. Daß tatsächlich nur diese Leisten beim Befeuchten ein Oeffnen der Kapsel bewirken, läßt sich leicht beweisen. Trennt man an einem Deckel die Leisten vorsichtig ab und bringt dann die Kapsel ins Wasser, so beginnt bei den intakten Deckeln nach 2 bis 3 Minuten bereits die Oeffnungsbewegung, während der verletzte Deckel in seiner ursprünglichen Lage bleibt.

Ueber den Oeffnungsmechanismus bei den Mesembrianthemenkapseln schrieb bereits Steinbrinck[1], mit dessen Angaben meine Beobachtungen an Kapseln von M. pustulatum und M. linguaeforme übereinstimmen Die Kapseln M. tricolor besitzen ebenfalls Quelleisten, doch sind sie hier wasserklar, im übrigen wie bei den oben genannten Spezies gebaut. Anders verhalten sich diejenigen von M. cordifolium. Auch sie zeigen hygroskopische Bewegungen, doch fehlt hier die Quellleiste vollständig, der Deckel klappt ohne sie bei Imbibition nach außen. Beim Trocknen werden die Fächer nie vollkommen wieder zugedeckt.

5. Blühvorgang.

In welchem Alter die Blühbarkeit bei den mehrjährigen Arten eintritt, kann ich mit Sicherheit nur für M. pseudotruncatellum angeben. Es entwickelte sich hier bereits im zweiten Jahre eine Blüte. An eine bestimmte Jahreszeit ist bei uns die Mesembrianthemumblüte nicht gebunden. M. rubricaule blühte schon im Februar, ebenso M. linguaeforme. Die eigentliche Blütezeit ist aber in den Monaten Mai bis August, wo fast alle vorhandenen Spezies in herrlichster Blüte standen. Auch nach dieser Zeit fanden sich Exemplare verschiedener Sektionen noch in Blüte. Einige Spezies, so besonders die

[1] Steinbrinck: Ueber einige Fruchtgeh., die ihre Samen inf. v. Benetzg. freilegen. Berichte d. d. Bot. Ges. 1883 p. 339 u. 360, Tafel XI.

Akaulen und M. splendens u. a., produzieren nur eine geringe Anzahl von Blüten, die dann aber auch bedeutend größere Dimensionen aufweisen als diejenigen Arten, die nur kleine, aber zahlreiche Blüten besitzen, wie M. multiflorum, M. roseum u. a. Nicht alle Mesembrianthemen zeigen sich als „Mittagsblumen" d. h. sind gegen Mittag geöffnet. Nach Marloth[1] und Goebel[2] blühen M. noctiflorum und M. obconellum erst gegen Abend auf und schließen sich einige Zeit nach Sonnenuntergang. Die Reihenfolge des Oeffnens war an einem warmen, sonnigen Morgen folgende: Gegen 7 Uhr begannen die meisten Akaulen die Oeffnung, kurz nach 8 Uhr folgten M. blandum, M. spectabile, M. imbricans, M. umbelliflorum. Um $^1/_2$9 Uhr zeigten sich die Blüten bei M. subin canum, M. tricolor, M. emarginatum, um 9 Uhr bei M. scandens, um $^1/_2$3 Uhr nachmittags bei den Scapigerae. Abends beginnt dann die Schließbewegung wieder. Diesmal in der Reihenfolge: Gegen 6 Uhr die meisten Akaulen, um 8 Uhr die übrigen mit Ausnahme der Scapigerae, die sich erst nach 9 Uhr schlossen. An trüben Tagen tritt eine erhebliche Verspätung ein, die soweit gehen kann, daß bei starker Bewölkung die Oeffnung erst um 9 oder 10 Uhr ihren Anfang nimmt und langsam beendet wird. Genauere Aufzeichnungen ergaben fast für jeden Tag eine andere Oeffnungs- und Schließzeit. Die oben angegebenen Zeiten wurden als die mittleren Beobachtungen an sonnigen Tagen festgestellt.

Ganz anders verhält sich nun M. inclaudens. Die feurig roten Blüten bleiben hier überhaupt immer geöffnet. Sie schließen sich weder bei Regen noch des Abends. Sieht man sich eine Blüte genauer an, so erkennt man leicht ihre Schließunfähigkeit. Die gesamte Blütenoberseite bildet eine von keiner Lücke unterbrochene Fläche. Besonders im Zentrum, wo man von Staubblättern und Griffeln keine Spur findet, liegen die Staminodien fest über- und nebeneinander

[1] Marloth l. c. p. 223.
[2] K. Goebel l. c. p. 50.

und so dicht, daß man nur mit Gewalt durch dieses Dach zu den inneren Blütenteilen gelangen kann. Es ist klar, daß die Staminodien, die doch jeglichen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind, gegen diese durch besondere Ausbildung gefeit sein müssen. Dieses wird denn auch dadurch erreicht, daß die glatte, glänzende Epidermis bei M. inclaudens besonders stark ausgebildet ist. Ferner sind die Staminodien an sich bedeutend dicker und stärker als bei den Spezies, die sich durch Schließen gegen die Unbilden der Witterung schützen können. Aehnlich wie M. inclaudens verhalten sich nach Marloth[1] die Vertreter der Sektion Brakteata. Die im hiesigen Garten vertretenen Exemplare von M. compressum und M. anceps gelangten leider im beobachteten Jahre nicht zur Blüte.

Was die Blühdauer betrifft, so verhalten sich die einzelnen Spezies verschieden. Die meisten blühen mehrtägig und sind abgesehen von den periodischen Schließbewegungen bis zum Verblühen geöffnet. So boten sich Blüten von M. spectabile 13 Tage lang den Augen dar, erst dann stellten sich Anzeichen des Verblühens ein. Fast ebenso lange blühten M. inclaudens, M. aurantiacum und M. hirsutum. Dagegen waren bei M. perfoliatum die Blüten nie länger als 4 Tage im Durchschnitt frisch. Danach müssen die Blüten der erstgenannten Spezies besonders gut gegen zu starken Wasserverlust geschützt sein. Dies geht auch deutlich aus folgendem Versuche hervor. Mehrere Knospen von M. spectabile wurden abgeschnitten, die Schnittfläche sodann sorgfältig mit Wachs bedeckt und auf ein von der Sonne beschienenes Fensterbrett gelegt. Nachdem sich die Knospen geöffnet, die Stamina seitlich ausgebreitet hatten, blühten die Versuchsstücke ohne Ausnahme mindestens 7 Tage lang ununterbrochen. Erst am 8. Tage begann bei den Blüten die Epidermis des Receptaculums zu erschlaffen. Die gerbstoffhaltigen Zellen unter der Oberhaut traten deutlich hervor. Darauf fingen die Stamina an sich

[1] Marloth l. c. p. 223.

von oben nach unten umzurollen und welk zu werden. Durchschnitt man in diesem Zustande ein Receptaculum, so bemerkte man, daß die Membranen der normal wasserhaltigen Zellpartien stark zusammengeschrumpft waren. Offenbar war der Inhalt dieser Zellen während des Blühens an die verschiedenen Blütenteile abgegeben worden. Ist die Befruchtung vollzogen, so vertrocknen bald die Griffel und neigen dabei ihre Spitzen abwärts. Die Basis aber bleibt in die Höhe gerichtet und persistiert noch sehr lange. So findet man bei M. tricolor an den gänzlich vertrockneten Kapseln die basalen Partien der Griffel im Zentrum als kleine Spitzen noch vor. Die Staubblätter bleiben noch längere Zeit aufrecht und enthalten in diesem Stadium, falls mechanische Erschütterungen nicht vorkommen, noch reichliche Mengen von weißlichem Pollen, der, wie Versuche ergaben, noch die Fähigkeit hat, Schläuche zu treiben. Die Kronblätter beginnen beim Verwelken langsam sich von den Seiten her zusammenzurollen und zu erschlaffen. Sie kippen nach unten um und vertrocknen. Da eine Trennungszone nicht vorhanden ist, bleiben sie auch nach dem Vertrocknen noch am Fruchtknoten, bis sie schließlich durch Spannungen, welche durch das Wachsen der jungen Frucht veranlaßt werden oder auch durch äußere Einflüsse abgelöst werden. Wenn schon die Stamina dem Verwelken anheim gefallen sind, erschlaffen dann auch schließlich die Staubblätter und verdorren.

Ueber das zeitige Vertrocknen der Kelchblätter mancher Spezies ist schon oben gesprochen worden. Es findet, wie die Beobachtung ergab, stets von der Spitze aus statt. Bei M. rubricaule persistieren nur die beiden äußeren Kelchblätter, ohne jedoch den inneren Teil der Blüte, den heranreifenden Samen, zu schützen. Der völlig unbedeckte Fruchtknoten färbt sich auf der Oberseite meist lebhaft rot. Daß die abgestorbenen Staminodien und Staubgefäße längere Zeit den Fruchtknoten wie mit einer Hülle bedecken, habe ich an keinem der hiesigen Exemplare beobachten können.

Die Blütenstiele verändern sich im Laufe der Blütezeit nicht. Sie stehen vom Aufbrechen der Blütenknospe an bis zur Kapselbildung und Samenaustreuung aufrecht, auch nachdem sie verholzt sind.

6. Bestäubung.

Ueber die Bestaubung liegen außer den Angaben in Knuths Blütenbiologie[1] keine Beobachtungen vor. Knuth berücksichtigt lediglich M. reptans, M. aristulatum und M. australe. Von dem ersteren heißt es:

> „Die mit roten Kronblättern ausgestatteten Blüten „besitzen in den am Grunde vereinigten Stamina „eine Art kreisförmiger Schutzwehr, die sich über „das zentrale, dunkelgrüne Nektarium herüberwölbt. „Von außen her kommen Insekten durch die Sperre „nicht hindurch, sodaß sie meist auf den Griffel oder „den Diskus anfliegen und dann Kreuzung herbei„führen, wenn auch Autogamie nicht ausgeschlossen „ist." Ueber M. australe ist nur angegeben, daß die Blüten augenfällig, honig- und duftlos und anscheinend autogam sind.

Ich beobachtete nun im Freilande aufgestellte Exemplare in den Monaten Juni und Juli, die bei ihrem sonnigen, regenlosen Wetter die günstigste Zeit zu den Beobachtungen boten. Schon im Januar blühte ein Exemplar von M. rubricaule. Da sich kein Insekt in dem sogenannten Kap-Kalthause, wo die Mesembrianthemen überwintern, zeigte, so konnte man wohl erwarten, daß sich später überhaupt keine Frucht an der betreffenden Pflanze finden würde. Es waren jedoch hernach aus mehreren Blüten Kapseln mit embryohaltigen, normalen Samen, die auch keimfähig waren, hervorgegangen. Wind konnte für eine etwaige Pollenübertragung von einer Blüte auf eine andere nicht in Frage kommen. Im Juni versah ich nun Knospen der Spezies

[1] P. Knuth, Blütenbiologie III Bd. I. Teil, p. 278 u. p. 462.

M. cordifolium, M. pustulatum, M. Ecklonis und M. linguaeforme, die in den nächsten Tagen aufbrechen mußten, mit Papierhüllen derart, daß kein Insekt von außen her an die Blüte herankonnte, eine Bestäubung durch fremden Pollen also unmöglich war. Die betreffenden Knospen brachen normal auf, die Blütezeit dauerte ebenso lange wie bei den nicht verhüllten Blüten, auch das Verblühen fand statt wie immer, und bald wies das Anschwellen des Fruchtknotens darauf hin, daß tatsächlich eine Weiterentwickelung der Samenanlagen stattgefunden hatte.

Auch im Oktober, also zu einer Zeit, wo Insekten in unseren Gegenden nur spärlich oder garnicht vorhanden sind, blühten noch mehrere Exemplare von M. Ecklonis, M. tigrinum, M. Bolusii und besonders zahlreich die Sphaeroideae. M. Ecklonis setzte auch Samen an. Daß die produzierten Samen tatsächlich auch keimfähig waren, bewiesen Keimversuche, über die weiter unten zu berichten ist. Aus allen diesen Angaben kann man mit Sicherheit annehmen, daß die Mesembrianthemum-Blüte nicht auf Fremdbestäubung allein angewiesen ist. Die Samen entwickeln sich auch wenn die Narbe mit eigenem Pollen in Berührung kommt. Es läge dann Selbstfruchtbarkeit vor. Es wäre aber auch möglich, daß die Samenanlagen der Befruchtung nicht bedürfen, sondern sich apogam weiter entwickeln. Für den ersten Fall sprechen folgende Tatsachen: Bei der ausgewachsenen und geöffneten Blüte von M. pustulatum stehen die Staubblätter weit von der Narbe entfernt. Der Pollen kann nur mechanisch auf letztere übertragen werden. Da aber der Ueberträger hier vollständig fehlte, so kann man wohl annehmen, daß bei der Schließbewegung, die ja mit Ausnahme einiger schon oben erwähnter Arten des Abends stattfindet, der Pollenbehälter mit der Narbe in Konnex geraten ist. In der Tat findet man denn auch bei behutsamen Oeffnen der Blüten die Staubblätter unmittelbar den Narben anliegend. Stets ist dann auch die gesamte Oberfläche des Fruchtknotens im Ueberfluß mit Pollenstaub bedeckt, der allerdings auch beim Oeffnen erst ausgestreut worden sein kann. Der

Vollständigkeit halber mag hier auch noch erwähnt werden, daß der Pollen schon reif ist, wenn die Narben noch nicht konzeptionsfähig sind. Andererseits ist es zu beachten, daß noch lange, wenn die Staminodien bereits als verdorrte Massen dem Fruchtknoten anhängen, der Pollen ausgestäubt wird. Beim Berühren von Blüten in diesem Stadium entlassen die Antheren noch Unmengen von jetzt weiß gefärbtem Pollenpulver, das noch ebenso keimfähig ist wie dasjenige, das beim Oeffnen der Blüte zur Untersuchung kam. Da nun die Narben erst spät ihre definitive Größe und Reife erreichen, finden sie trotzdem an den benachbarten Staubblättern noch Pollen genug zum Befruchten ihrer Samenanlagen. Andere Verhältnisse finden wir bei M. glaucinum vor. Hier trennt der Blütenboden Andröceum und Griffel soweit von einander, daß selbst die Schließbewegung, die auch bei dieser Spezies regelmäßig eintritt, nicht bewirken kann, daß der Pollen mit den Narben in Berührung kommt. Das Resultat ist, daß nur vereinzelt Blüten Samen produzieren. Meist schrumpfen die bis zur Reife sich entwickelnden Samenknospen denn später auch ein.

Das geschilderte Verhalten der Blüten von M. glaucinum ließ die Vermutung aufkommen, daß einige Spezies doch auf Insektenbestäubung angewiesen sind. Als Besucher der Spezies M. reptans, M. aristulatum sind nach Knuth[1] Hymenopteren, Dipteren, sowie Koleopteren in Südafrika beobachtet worden. Kerner[2] gibt ferner an, daß auch Honigvögel als Bestäuber in der Heimat der Mesembrianthemen in Betracht kommen, was von Scott-Elliot[3] bestätigt wurde.

Bei meinen Beobachtungen, den Besuch der Insekten betreffend, erkannte ich bald, daß lediglich solche Blüten besucht wurden, die mit Nektarien ausgestattet sind. Alle Mesembrianthemen sind duftlos, oder es fehlt doch dem Menschen jegliche

[1] P. Knuth l. c. p. 278.
[2] Kerner, Schutzmittel d. Blüten etc. 1876, p. 49.
[3] Scott Elliot, Ornith. Flower, p. 265—267.

Empfindung eines Geruches. Eine Ausnahme hiervon machen nur einige sich abends öffnende Spezies. Solche mit unscheinbaren Blüten sezernieren nun Honig aus ihren Nektarien. Diese sind drüsige Emergenzen auf der Oberfläche des Fruchtknotens; bei M. multiflorum u. a. kreisförmig auf dem ganzen Umfange; M. scandens sowie mehrere andere besitzen dagegen nur eine beschränkte Anzahl, meist 4 oder 5 Nektarien.

Alle diese Spezies wurden nun — allerdings nicht oft — von Bienen und Schwebfliegen besucht. Sie flogen auf die Kronblätter an, bewegten sich nach der Mitte zu und berührten bei der Entnahme von Honig aus den Nektarien die Staubblätter, welche bei dieser Erschütterung ihre Pollenkörner entließen. Letztere fielen auf die Narbe und auf den Tierkörper. Der Besuch dauerte nie lange. Oft begnügten sich die Insekten damit, den reichlich vorhandenen Pollen zu fressen und flogen bald auf die Blüten anderer Pflanzen. Sie besuchten höchstens 2 oder 3 Blüten auf die oben beschriebene Weise und verließen sodann den Stand der Mesembrianthemen, um in der Nähe stehende Pelargonien zu besuchen. Die Insekten führten demnach bei ihrem Besuche nicht nur regelmäßig eine Bestäubung der Narben mit dem eigenen Pollen, sondern, wenn sie vorher schon eine andere Blüte derselben Spezies besucht haben, auch eine Bestäubung der Narben mit dem Pollen anderer Blüten der Art herbei. Anders ist es nun bei den nektarlosen, mit großen, bunten Blüten ausgestatteten Spezies, so bei M. spectabile u. a. Die Blüten wurden normalerweise nicht besucht. Durch Hinzugabe von Honig konnte aber ausgiebiger Besuch herbeigelockt werden. Die Blütenfarbe kam für den Besuch also nicht in Betracht. Stellte man eine sezernierende Spezies mitten unter nektarlose Exemplare, so flogen die Insekten sofort auf die Blüten der ersteren, falls sie überhaupt eine der Pflanzen zu besuchen beabsichtigten, nur selten kam ein Besuch einer honigfreien Blüte durch einen „Neuling“ vor. Schmetterlinge habe ich nie die Blüten besuchen sehen, obschon sie zahlreich in nächster Nähe waren. Dagegen wurden in vielen Blüten von honiglosen und sezernierenden

Spezies zahlreiche Staphilinidae und Nilidulae gesehen, die wohl bei ihrem behenden Umherkriechen ein Ausfallen des Pollens aus den Antheren verursachen können.

Fassen wir die Beobachtungen über die Bestäubung noch einmal kurz zusammen, so ergibt sich, daß die Mesembrianthemen sehr primitive Bestäubungseinrichtungen besitzen. Eine Anpassung an Insekten findet sich kaum. Daß sich auch an den nicht von Insekten besuchten Blüten vieler Spezies keimfähige Samen bilden, ist entweder auf Selbstfruchtbarkeit oder Apogamie zurückzuführen. Die angestellten Beobachtungen lassen die erstere — Selbstfruchtbarkeit — als sehr wahrscheinlich erscheinen.

D. Same und Keimung.

Ueber den Samen und seine Keimung liegen außer den Angaben Goebel's[1] meines Wissens keine Mitteilungen vor, obwohl die letztere, wie wir sehen werden, eine relativ einfache ist. Die benutzten Samen erhielt ich von Haage und Schmidt, Erfurt. Einige, so die von M. cordifolium, M. pustulatum, M. tricolor wurden von mir selbst im hiesigen Garten geerntet. Die Samen von M. cordifolium und M. pustulatum entstammen Blüten, die mit Papierhülsen umgeben waren (siehe Seite 35). Das Alter der aus Erfurt bezogenen Samen betrug ein Jahr, die selbst geernteten waren wenige Tage vor dem Säen den Kapseln entnommen.

1. Same.

Alle Mesembrianthemen besitzen epigäisch keimende, endospermhaltige Samen. Die Gestalt ist sehr mannigfaltig. Es besitzen kugelige bis halbkugelige Samen M. cordifolium, M. pseudotruncatellum, M. tigrinum, M. longum etc. Bei M. edule sind sie länglich eiförmig. Stets sind sie prall, hart und fest. Die Größe des Samenkornes ist verschieden. Wir finden kleine und große in einer Kapsel, doch scheinen sie hier derart orientiert zu sein, daß nach oben die größeren, nach unten die kleinen sich befinden. Die Anzahl der in einer Kapsel produzierten Samen betrug bei M. pustulatum etwa 70—80, bei M. tricolor meist 50. Da man mit einem bedeutenden Verluste von Samen wegen der oft ungünstigen Verhältnisse bei der

[1] K. Goebel l. c. p. 54.

Keimung rechnen muß, so wird dieser durch die große Anzahl der Samen einigermaßen kompensiert. Analog ihrer verschiedenen Größe schwankt auch das Gewicht der Samen. Auf 20 mg kamen bei Mesembrianthemum cristallinum 100—120, bei M. pomeridianum 52—60, bei M. edule nur 60 normal aussehende Samen.

Allgemein unterscheidet man am Samen die Samenschale und den Samenkorn mit Embryo und Endosperm. Die vom Endosperm scharf differenzierte und mechanisch als Haut ablösbare Testa ist bei den einzelnen Spezies variabel. Stets ist sie jedoch von einer ziemlichen Härte und Festigkeit — Eigenschaften, die gerade für die Mesembrianthemen als Wüstenpflanzen große Bedeutung haben. Abgesehen davon, daß die Testa den Embryo vor mechanischen Verletzungen schützt, denen er nach dem Oeffnen der Kapseln und dem Ausstreuen ausgesetzt ist, befähigt sie den Samen auch, den oft langen Zeitraum bis zur Keimung ohne Schaden auszuhalten. Die Härte der Samenschale wird bedingt durch ihre stark kutikularisierte Epidermis. Ihre Zellen besitzen dicke, mehr oder weniger nach außen gebuckelte Außenmembranen. Schichtung läßt sich an dieser nicht nachweisen. Alle Membranen enthalten reichlich Gerbstoff. Finden sich die Buckel in größerer Anzahl am Samen, so erscheint dieser matt, ist jedoch ihre Zahl beschränkt oder fehlen sie ganz, so glänzen sie (M. edule). Hinsichtlich der Färbung herrschen einfarbige Samen vor; meistens sind sie dunkelbraun, seltener fast weiß (M. tricolor). Die Färbung macht sich erste kurze Zeit vor der Reife, etwa dann, wenn alle Kapselteile vertrocknet, resp. verholzt sind, bemerkbar. Sie beginnt in der Nabelgegend und schreitet nach der Rückenseite des Samens fort. Da Oeffnungen auf der Testa fehlen, so findet beim Quellen wohl hauptsächlich am Hilum und an der Mikropyle die Wasseraufnahme statt. Daß diese verhältnismäßig langsam vorsich geht, ist für den Samen insofern wichtig, als dadurch garantiert wird, daß die Keimung nur bei längerer Feuchtigkeit eintritt und der Keimling der Gefahr des Austrocknens in der ersten Zeit nicht ausgesetzt ist.

Das stärkehaltige Endosperm, das etwa $^1/_3$ des Volumens des Samens ausmacht, besteht aus parenchymatischem Gewebe. Es ist grau und im Samen so orientiert, daß es dem peripherisch gelegenen Embryo auf der Innenseite unmittelbar anliegt. Der ruhende Embryo ist sichelförmig gekrümmt. Er erscheint fleischig, weich. Eine Färbung vermißt man. Doch hebt er sich vom Endosperm ab, da er durch die dichte Beschaffenheit des Gewebes einen dunkleren Farbton erhält. An ihm erkennt man deutlich die Kotyledonen und das Hypokotyl. Selten ist dieses so lang wie jene. Die Radicula ist gegenüber dem hypokotylen Gliede äußerst klein. Sie hat die Form eines abgestumpften Kegels. Im Verhältnis zu den Keimblättern ist die Plumula stets klein und liegt verdeckt, eingeklemmt zwischen ihnen. Die Kotyledonen sind in der Zweizahl, abnormerweise (bei M. tricolor) in der Dreizahl vorhanden. Stets sind sie gegenständig und sitzend, oft mit ihren Basalteilen mehr oder weniger verwachsen, bisweilen unter Bildung eines Knotens. Selten sind sie gleich groß, meist ist das der Testa unmittelbar anliegende Blatt länger als sein Antagonist. Beide sind ganzrandig und liegen mit den inneren Partien, den späteren Oberflächen aneinander.

2. Keimung.

Die Keimung stimmt bei den untersuchten Spezies ziemlich überein. Bevor auf sie eingehender eingegangen wird, sei noch bemerkt, daß man bezüglich der äußeren Gestalt der ausgewachsenen Keimblätter, die nie den zugehörigen Laubblättern ähneln, zwei Grundformen unterscheiden kann. Der erste Typus ist dadurch charakterisiert, daß die Länge der Blattspreite die Breite übertrifft. Hierher gehören M. cristallinum, M. promeridianum (Fig. 6 d. Tafel), M. tricolor u. a. Der andere Typus zeigt sich bei den Akaulen, wo die Spreiten breiter als lang sind (Fig. 7 d. Tafel). Mit dieser Tatsache im Zusammenhange steht die Ausbildung der hypokotylen Stammachse, welche bei der ersten Grundform lang

und stark ausgebildet ist, während sie bei den Vertretern des zweiten Typus reduziert erscheint. Die Keimung möchte ich für den ersten Fall an M. pomeridianum ausführlicher beschreiben.

Die in den ersten Tagen am ausgesäten Samen sich zeigenden Veränderungen bestehen im Aufquellen desselben, wobei die braune Samenschale ein hellrotes Aussehen erhält. Bald macht sich die eintretende Keimung bemerkbar an der Mikropyle, die mehr und mehr zapfenförmig verlängert wird, was durch das Wachstum der Wurzel und des Hypokotyls verursacht wird. In der Vorwölbung liegt die Radicula, die noch ohne Wurzelhaarbildungen ist. Zuletzt vermag die Testa den Druck, der auf sie ausgeübt wird, nicht mehr auszuhalten, sie zerreißt, und das Hypokotyl tritt ans Licht. Dieses ist etwa nach sechs Tagen der Fall. Die Wurzel mit dem Hypokotyl schiebt sich hinaus und hebt sodann, indem sich beide unter beständigem Längenwachstum strecken, den Samen in die Höhe (Fig. 6 a d. Tafel). Die noch eingeschlossenen farblosen Kotyledonen befreien sich nunmehr von den Resten des Endosperms und der Testa, soweit dies nicht schon unter der Erde geschehen ist (Fig. 6 b). In manchen Fällen durchbrach die Radicula die Samenschale nicht in der geschilderten Weise. Vielmehr löste sich das Mikropylenende kapuzenförmig ab und wurde von der sich streckenden Radicula vorangestoßen (Fig. 6 c). Gewöhnlich tritt das Ergrünen der Keimblätter erst beim Ausbreiten ein. Gleichzeitig erscheinen nun auch die Spaltöffnungen, deren Bau in nichts von dem abweicht, den diese Organe am Laubblatte zeigen. Ihre Zahl ist bei M. pomeridianum auf Ober- und Unterseite der Kotyledonen nahezu gleich. Die Plumula geht bald zur Laubblattbildung über. Betrachten wir nun den Keimling nach etwa vier Wochen, nach welcher Zeit die Keimblätter völlig ausgewachsen sind und sich auch schon mehrere Laubblätter gebildet haben (Fig. 6 d). Die Länge der Keimblätterspreite betrug bei dem kleinen 12 mm, beim größeren 15 mm, die Breite war 5 mm resp. 7 mm. Die Größendifferenz, die wir

schon im Samen fanden, tritt demnach auch jetzt noch deutlich hervor. Die Ansatzstelle der Kotyledonen befand sich etwa 17 mm über der Erde. Im Boden steckt schließlich noch eine 4 cm lange Wurzel. Die Kotyledonen sind lebhaft grün auf der Oberseite, die Unterseite ist ebenso wie die Stammteile hellgrün. Im Querschnitte haben die Keimblätter die Form eines gleichschenkligen Dreieckes mit abgerundeten Ecken, dessen Höhe etwa $^1/_4$ der Grundlinie ist. Die glashelle, einschichtige, an den Blattspitzen etwas papillös ausgebildete Epidermis hebt sich deutlich von Mesophyll ab. Ihre polygonalen, nach außen nicht verdickten, meist im Sinne der Blattlängsachse gestreckten Zellen weisen keine Verschiedenheiten auf. Im Vergleich mit den Epidermiszellen der noch im Samen eingeschlossenen Kodyledonen erscheinen die Oberhautzellen im älteren Stadium bedeutend vergrößert. Während sie im embryonalen Zustande ein oder zwei Mesophyllzellen decken, finden wir später etwa 4 der letzteren unter einer Epidermiszelle. Das stark chlorophyllführende Mesophyll ist an der breitesten Stelle etwa 10 Zellschichten stark. Ein Unterschied von Pallisadenzellen und Schwammparemchym ist nicht vorhanden. Das Gewebe besteht vielmehr aus unregelmäßig nebeneinanderliegenden, großen, rundlichen Zellen, die also in Bezug auf ihre Gestalt und Lagerung keine Aenderung gegen das vorhergehende Stadium erfahren haben, jedoch bedeutend größer geworden sind. Zahlreiche raphidenführende Zellen liegen im Mesophyll zerstreut. Sie häufen sich stark an den Kanten des Blattes, während sie an dessen Basis, ebenso wie in dem Hypokotyl nur vereinzelt auftreten. Das Gefüge des Mesophyllgewebes wird ferner unterbrochen von den jetzt völlig ausgebildeten Gefäßbündeln. Aus dem Gefäßbündelring des Stammes tritt in jedes Keimblatt ein Hauptstamm ein, der bis zur Spitze verläuft, von einem besonderen Begleitgewebe umgeben, das aus zartwandigen, langgestreckten Zellen besteht. Der Hauptnerv gibt nach beiden Seiten unregelmäßig mehrere Adern II. Ordnung ab, die wiederum sich in solche III. Ordnung

spalten, welch letztere anastomosierend die Seiten der Blätter innervieren. Die Gefäßbündel zeigen einen sehr einfachen Bau. Sie bestehen der Hauptsache nach aus Spiraltracheïden und sehr kleinen undeutlichen Leptomelementen. Stamm und Wurzel haben sich deutlich differenziert. Letztere besitzt auffallend langgestreckte, im Querschnitt sehr kleine Epidermiszellen, deren Außenmembran ein wenig kutikularisiert erscheint. Das Grundgewebe besteht aus weitlumigen, unregelmäßig gestalteten, zarthäutigen Elementen, deren Größe von außen nach innen zunimmt. Das Zentrum wird eingenommen vom Gefäßbündelring, dessen Elemente wie die in den Blättern beschaffen sind. Vergleichen wir schließlich noch kurz das Keimblatt mit dem Laubblatt, so ergibt sich, daß beide äußerlich wie innerlich nur wenig verschieden sind. Abgesehen von Unterschieden in Größe und Färbung ist besonders zu erwähnen, daß die Epidermiszellen der Laubblätter nicht so hoch wie beim ausgewachsenen Keimblatte, dafür aber bedeutend länger sind. In Bezug auf die Verteilung der Spaltöffnungen finden sich auf der Unterseite der Laubblätter ähnliche Verhältnisse wie bei den Kotyledonen; die Oberseite der ersteren besitzt jedoch eine an Stomaten arme Epidermis. Die Gefäßbündel zeigen sich beim Laubblatte stärker entwickelt, dagegen hat sich ihre Zahl kaum vermehrt. Aehnlich wie die Keimung bei M. pomeridianum gingen sie vor sich bei M. cristallinum, M. cordifolium, M. nodiflorum, M. tricolor, M. lacerum und M. edule. Alle diese Spezies verloren ihre Kotyledonen, wenn etwa 3 bis 4 Laubblattpaare ausgebildet waren.

Ließ die Anatomie der Keimblätter bei den bisher behandelten Spezies kaum auf den ausgeprägten xerophytischen Charakter der ausgewachsenen Pflanze schließen, so finden wir bei den letzten noch zu besprechenden Spezies, die sämtlich zur Sektion Subacaulia gehören, wesentliche Abweichungen. Einmal sind ihre Kotyledonen dickfleischig, die Breite übertrifft zumeist die Länge. An der Basis sind sie derart verwachsen, daß sie eine Scheibe bilden. Im Mesophyll zeigen sich neben den assimilierenden, noch chlorophyllarme, reichlich wasser-

führende Zellen. Diese Arbeitsteilung im Mesophyll erscheint schon angebahnt bei M. edule. Ein scharfer Unterschied zwischen den Wasser- und Chlorophyllzellen ist jedoch nicht vorhanden. Parallel mit der Ausbildung des Wassergewebes geht eine auffällige Reduktion der hypokotylen Achse, die sich auch noch an ausgewachsenen Pflanzen zeigt. Als Ersatz für diesen Pflanzenteil erscheint eine starke Verlängerung der Blattbasen nach unten (Fig. 7 d. Tafel)[1]. Die Spezies M. tigrinum, M. pustulatum, M. digitiforme, M. cultratum ähneln sich hinsichtlich der Keimung so sehr, daß ich sie gemeinsam behandeln möchte.

Im Allgemeinen entwickelt sich die Keimpflanze außerordentlich langsam aus dem Samen. So haben die Kotyledonen von M. digitiforme erst nach elf Wochen ihre definitive Größe erlangt. Sie sind stark nach oben vorgewölbt und ihrer ganzen Breite nach an der Basis verwachsen. Im jüngeren Stadium ist die Verwachsungszone deutlich als Furche sichtbar. Ausgewachsene Keimblätter lassen dagegen oft kaum noch die Verwachsungslinie erkennen. Im Querschnitt erscheinen die Kotyledonen halbkreisförmig, wobei die konvexe Seite der Oberseite entspricht. Die Epidermiszellen von Ober- und Unterseite sind polygonal, von ziemlich gleicher Höhe, oft oben mit gewellten, unten stets ebenen Seitenmembranen. Das ganze Blatt zeigt sich reich mit Spaltöffnungen besetzt. Die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Mesophyllzellen sind im Querschnitt kugelig und stark mit Chloroplasten erfüllt. Nach innen werden die Zellen länger und chlorophyllärmer. Im Zentrum schließlich sind sie fast chlorophyllfrei. Hinsichtlich der Lage und Ausbildung der Gefäßbündel sind Unterschiede gegenüber den vorher besprochenen Spezies nicht zu verzeichnen.

Bei allen bisher erwähnten Spezies fallen die Kotyledonen ab, sobald mehrere Laubblattpaare entwickelt sind. Dieses ist bei den langsam wachsenden M. Bolusii und M. pseudo-

[1] Eine so starke Ausbildung des Hypokotyls, wie sie Goebel l. c. p. 54 Fig. 23 zeigt, habe ich nie beobachtet.

truncatellum nicht der Fall. An mehrjährigen Exemplaren der ersteren Spezies sieht man zu unterst, dicht über der Erde zwei kleine Stummel, die Kotyledonen. Bei M. pseudo-truncatellum endlich entsteht durch völliges Verwachsen der Kotyledonen jenes eigentümliche Gebilde, das im zweiten Jahre normalerweise in den Achseln der Kotyledonen Sprosse entstehen läßt, die zu den oben erwähnten Körperchen heranwachsen. In diesem Falle persistieren die Keimblätter also ein Jahr.

E. Schlußbemerkungen.

Es ist wohl anzunehmen, daß die Pflanzen der wärmeren Regionen, die in unseren Gewächshäusern kultiviert werden, uns von ihren Eigenschaften in ihrer Heimat kein getreues Bild geben. Auch die Mesembrianthemen werden sich bei uns den Augen in mancher Hinsicht wesentlich anders präsentieren, als wir sie in der Karoo von Südafrika vorfinden. Vergleicht man importierte Exemplare mit den sicherlich sorgfältig ausgeführten Abildungen, die Salm Reifferscheid-Dyck[1] in seinem Buche liefert, so stellen sich oft bei den verschiedenen Sektionen wesentliche Abweichungen heraus. Gerade so charakteristische Formen wie M. pseudotruncatellum u. a. werden unter dem Einflusse anderer Verhältnisse, z. B. Lichtmangel und Wasserüberfluß, bei uns nicht den ausgeprägten Wüstencharakter beibehalten, der sie so interessant macht. Nicht nur auf Farbe und sonstige äußere Eigenschaften werden sich die Veränderungen erstrecken, sondern auch die Blühverhältnisse werden sich ändern. Leider liegen eingehendere Untersuchungen nach dieser Richtung hin noch nicht vor. Immerhin hoffe ich durch meine Arbeit gezeigt zu haben, daß die Mesembrianthemen in jeder Hinsicht eine interessante Gattung darstellen und sich ein eingehendes Studium desselben in ihrer sonnigen Heimat wohl lohnen würde.

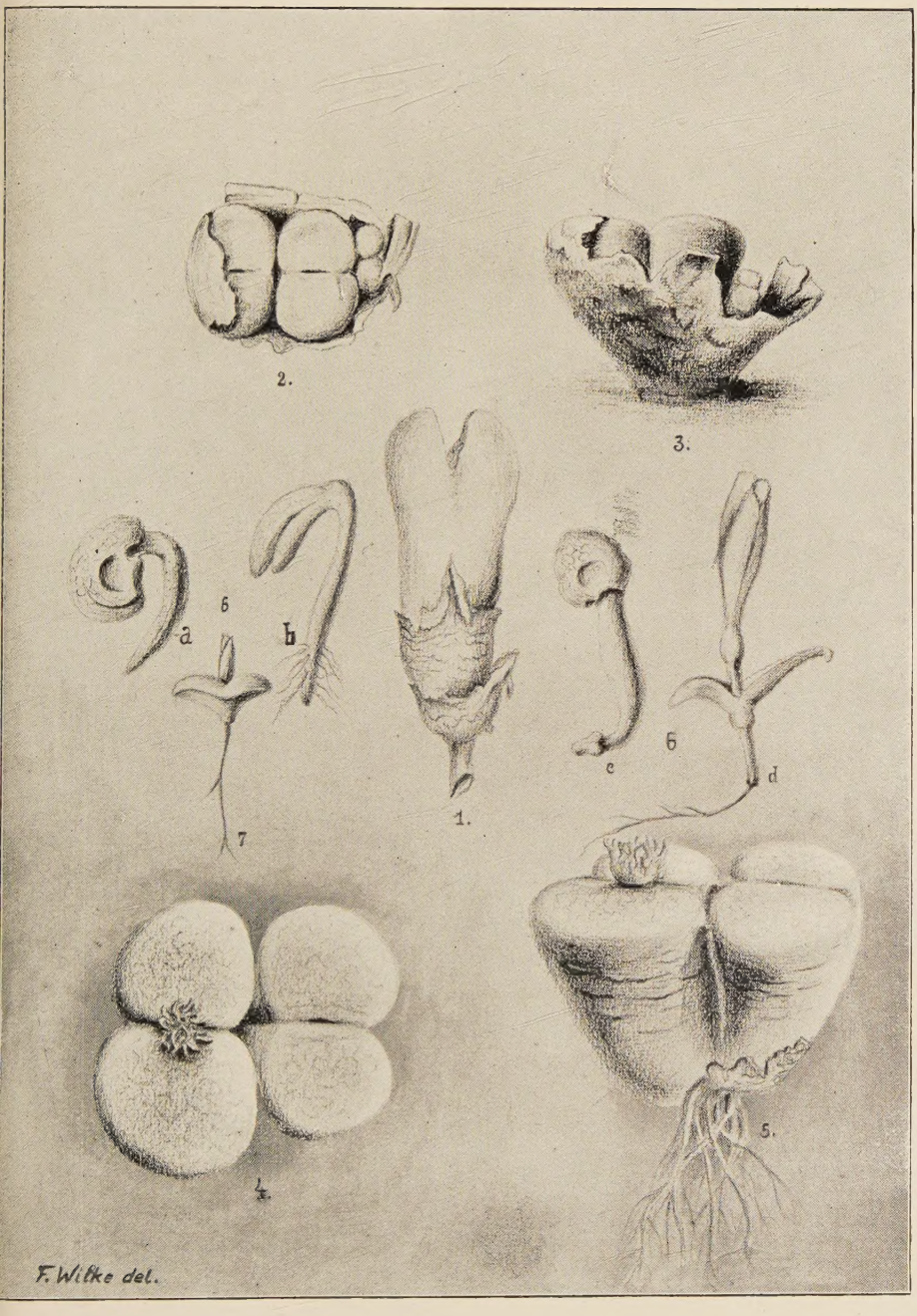
[1] J. Salm Reifferscheid-Dyck l. c.

Vorliegende Arbeit wurde im Botanischen Institut der Universität Halle-Wittenberg ausgeführt.

Herrn Professor Dr. Karsten und Herrn Dr. Pringsheim erlaube ich mir, auch an dieser Stelle für die Anregungen und Unterstützungen bei der Ausführung der Arbeit meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Figurenerklärung.

Fig. 1 M. bilobum (nach Berger).
Fig. 2 M. calculus von oben.
Fig. 3 Dasselbe Exemplar von der Seite.
Fig. 4 M. pseudotruncatellum von oben.
Fig. 5 Dasselbe Exemplar von der Seite.
Fig. 6a—d M. pomeridianum, verschieden alte Keimpflanzen.
Fig. 7 M. pustulatum, Keimpflanze.


2.
3.
a
6
b
7
1.
c
6
d
5.
4.
F. Wilke del.

Lebenslauf.

Ich, Fritz Wilhelm Wilke, evangelischer Konfession und preußischer Staatsangehörigkeit, wurde am 8. November 1888 als Sohn des Lehrers Karl Wilke in Hagen in Westfalen geboren. Von 1894—98 besuchte ich die Elementarschule meiner Vaterstadt, trat dann in die Sexta des Realgymnasiums zu Hagen ein, das ich Ostern 1908 mit dem Reifezeugnis verließ. Seitdem studierte ich in Jena (2 Sem.), Berlin (3 Sem.) und Halle (5 Sem.) Naturwissenschaften und Mathematik.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

Jena: Detmer, Haeckel Knorr, Stahl, Winkelmann, Ziegler,

Berlin: Branca, Deegener, Dessoir, Engler, Erdmannsdorffer, Fischer, Gabriel, Hertwig, Heymons, Knoblauch, Lasson, Liebisch, Magnus, Marckwald, Rosenheim, Rubens, Schwarz, Schwendener, Wittmack,

Halle: Dorn, Fries, Gutzmer, Haecker, Karsten, Krueger, Menzer, Pringsheim, Uphues.

Die mündliche Doktorprüfung bestand ich am 12. Februar 1913.